



21 Aktenzeichen: 199 13 477.4  
22 Anmeldetag: 25. 3. 1999  
43 Offenlegungstag: 5. 10. 2000

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE  
74 Vertreter:  
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188  
Stuttgart

72 Erfinder:  
Rembold, Helmut, 70435 Stuttgart, DE; Mentgen,  
Dirk, 71701 Schwieberdingen, DE; Mueller, Uwe,  
70825 Korntal-Münchingen, DE

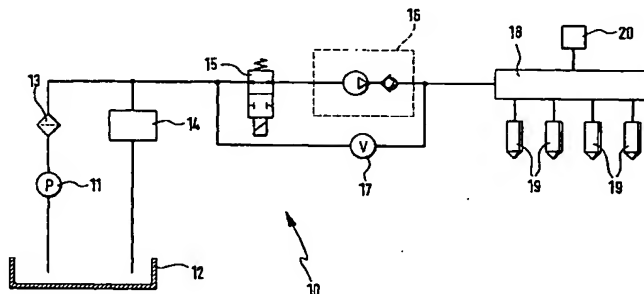
56 Entgegenhaltungen:  
DE 38 13 676 C2  
DE 33 44 662 C2  
DE 195 48 278 A1  
DE 40 20 094 A1  
DE 36 16 356 A1  
EP 04 81 964 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffzuführeinrichtung einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs

57 Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffzuführeinrichtung (10) einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs beschrieben, bei dem die der Brennkraftmaschine zugeführte Kraftstoffmenge mittels eines Mengensteuerventils (15) und einer nachgeordneten Hochdruckpumpe (16) gesteuert und/oder geregelt wird. Das Mengensteuerventil (15) wird in Abhängigkeit von einer Batteriespannung, mit der das Mengensteuerventil (15) beaufschlagt ist, und/oder in Abhängigkeit von einem Spulenwiderstand des Mengensteuerventils (15) beeinflusst.



1  
Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffzuführeinrichtung einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem die der Brennkraftmaschine zugeführte Kraftstoffmenge mittels eines Mengensteuerventils und einer nachgeordneten Hochdruckpumpe gesteuert und/oder geregelt wird. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Steuergerät für eine Kraftstoffzuführeinrichtung für eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Kraftstoffzuführeinrichtung mit einem Mengensteuerventil und mit einer Hochdruckpumpe versehen ist, und wobei das Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung der der Brennkraftmaschine zugeführten Kraftstoffmenge vorgesehen ist. Ebenfalls betrifft die Erfindung eine Kraftstoffzuführeinrichtung für eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs mit einem Mengensteuerventil, mit einer Hochdruckpumpe und mit einem Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung der der Brennkraftmaschine zugeführten Kraftstoffmenge.

Ein derartiges Verfahren, wie auch ein derartiges Steuergerät und eine derartige Kraftstoffzuführeinrichtung sind aus der EP 481 964 A2 bekannt. Dort ist das Mengensteuerventil im stromlosen Zustand geöffnet. Wird das Mengensteuerventil angesteuert, so wird es geschlossen und die Hochdruckpumpe fördert Kraftstoff für die nachfolgende Einspritzung desselben in die Brennräume der Brennkraftmaschine.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art, wie auch ein Steuergerät und eine Kraftstoffzuführeinrichtung der jeweils eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass eine möglichst genaue Zumessung der erwünschten Kraftstoffmenge in die Brennräume der Brennkraftmaschine möglich ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art durch die Erfindung dadurch gelöst, dass das Mengensteuerventil in Abhängigkeit von einer Batteriespannung, mit der das Mengensteuerventil beaufschlagt ist, und/oder in Abhängigkeit von einem Spulenwiderstand des Mengensteuerventils beeinflusst wird. Bei einem Steuergerät oder einer Kraftstoffzuführeinrichtung der eingangs genannten Art wird die Aufgabe durch die Erfindung dadurch gelöst, dass das Mengensteuerventil durch das Steuergerät in Abhängigkeit von einer Batteriespannung, mit der das Mengensteuerventil beaufschlagt ist, und/oder in Abhängigkeit von einem Spulenwiderstand des Mengensteuerventils beeinflussbar ist.

Der Schließzeitpunkt des Mengensteuerventils stellt im wesentlichen denjenigen Zeitpunkt dar, ab dem Kraftstoff von der Hochdruckpumpe zu den Einspritzdüsen und damit zu den Brennräumen der Brennkraftmaschine gefördert wird. Durch den Schließzeitpunkt des Mengensteuerventils wird auch die den Brennräumen und damit der Brennkraftmaschine zugeführte Kraftstoffmenge beeinflusst. Der Schließzeitpunkt des Mengensteuerventils selbst ist von einer Mehrzahl von Größen abhängig. So wird der Schließzeitpunkt eher erreicht, wenn die Batteriespannung, an der das Mengensteuerventil anliegt, groß ist. Ebenfalls bestehen Abhängigkeiten des Schließzeitpunkts von dem Spulenwiderstand des Mengensteuerventils, da dieser den Strom durch das Mengensteuerventil bestimmt. Erfindungsgemäß werden diese Abhängigkeiten bei der Ansteuerung des Mengensteuerventils berücksichtigt. So wird bei der Erfindung die Abhängigkeit des Mengensteuerventils von der Batteriespannung und/oder von dem Spulenwiderstand bei der Ermittlung und daraus resultierenden Ansteuerung des Men-

gensteuerventils zugrunde gelegt. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass die über das Mengensteuerventil beeinflusste, der Brennkraftmaschine zugeführte Kraftstoffmenge auch bei unterschiedlichen Batteriespannungen und/oder bei unterschiedlichen Spulenwiderständen immer dem erwünschten Wert entspricht. Die Genauigkeit der Kraftstoffzumessung wird damit verbessert, was gleichbedeutend ist mit einer Verminderung des Kraftstoffverbrauchs, wie auch mit einer Verminderung von ausgestoßenen Schadstoffen.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird der Spulenwiderstand aus einer Spulentemperatur des Mengensteuerventils ermittelt. Es ist damit erfindungsgemäß nicht erforderlich, den Spulenwiderstand direkt zu messen. Stattdessen reicht es aus, die Spulentemperatur zu erfassen. Aus dieser Spulentemperatur kann auf den Spulenwiderstand geschlossen werden. Die Spulentemperatur des Mengensteuerventils wiederum kann in besonders vorteilhafter Weise aus der Kühlwassertemperatur der Brennkraftmaschine und/oder aus der Ansauglufttemperatur der Brennkraftmaschine ermittelt werden.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das Mengensteuerventil in Abhängigkeit von dem von der Hochdruckpumpe erzeugten Ist-Druck beeinflusst. Auf diese Weise wird durch die Erfindung berücksichtigt, dass das Schließen des Mengensteuerventils und damit der Schließzeitpunkt des Mengensteuerventils abhängig ist von dem von der Hochdruckpumpe erzeugten Ist-Druck. Dieser Ist-Druck wirkt auf das Mengensteuerventil in dem Sinne ein, dass er den Schließvorgang des Mengensteuerventils unterstützt. Durch die Berücksichtigung dieses Ist-Drucks wird die Genauigkeit der Kraftstoffzumessung mit den bereits erläuterten Vorteilen weiter verbessert.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das Mengensteuerventil in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine beeinflusst. Insbesondere bei Verwendung einer mechanischen Hochdruckpumpe, die mit der Brennkraftmaschine gekoppelt ist, hat die Drehzahl der Brennkraftmaschine einen direkten Einfluss auf die Hochdruckpumpe. Dies wird erfindungsgemäß dadurch berücksichtigt, dass die Drehzahl der Brennkraftmaschine bzw. der Hochdruckpumpe in die Ansteuerung des Mengensteuerventils eingeht. Auch durch diese Maßnahme wird die Genauigkeit der Zumessung von Kraftstoff zu den Brennräumen der Brennkraftmaschine weiter verbessert.

Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so dass dieses mit dem Programm versehene Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, beispielsweise ein Read-Only-Memory.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Be-

schreibung bzw. in der Zeichnung

Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kraftstoffzuführeinrichtung für eine Brennkraftmaschine;

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Hochdruckpumpe der Kraftstoffzuführeinrichtung der Fig. 1 in drei verschiedenen Betriebszuständen mit einem zugehörigen Zeitdiagramm;

Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Betreiben der Kraftstoffzuführeinrichtung der Fig. 1;

Fig. 4 zeigt schematische Zeitdiagramme von Signalverläufen der Kraftstoffzuführeinrichtung der Fig. 1; und

Fig. 5 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines ergänzenden Verfahrens zu dem Verfahren der Fig. 3.

In der Fig. 1 ist eine Kraftstoffzuführeinrichtung 10 dargestellt, die zum Betreiben einer Brennkraftmaschine vorgesehen ist. Insbesondere ist die Kraftstoffzuführeinrichtung 10 zur Verwendung bei einer Brennkraftmaschine mit Benzin-Direkteinspritzung geeignet. Bei einer derartigen Brennkraftmaschine wird das Benzin in einem sogenannten Homogenbetrieb während der Ansaugphase und in einem sogenannten Schichtladungsbetrieb während der Verdichtungsphase direkt in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt.

Die Kraftstoffzuführeinrichtung 10 weist eine elektrische Kraftstoffpumpe 11 auf, mit der der Kraftstoff aus einem Kraftstofftank 12 angesaugt und über ein Kraftstofffilter 13 weitergefordert wird. Die Kraftstoffpumpe 11 ist dazu geeignet, einen Niederdruck zu erzeugen. Zur Steuerung und/oder Regelung dieses Niederdrucks ist ein Niederdruckregler 14 vorgesehen, der mit dem Ausgang des Kraftstofffilters 13 verbunden ist, und über den Kraftstoff wieder zum Kraftstofftank 12 zurückgeführt werden kann.

An den Ausgang des Kraftstofffilters 13 ist des weiteren die Serienschaltung aus einem Mengensteuerventil 15 und einer mechanischen Hochdruckpumpe 16 angeschlossen. Der Ausgang der Hochdruckpumpe 16 ist über ein Überdruckventil 17 an den Eingang des Mengensteuerventils 15 zurückgeführt.

Die Hochdruckpumpe 16 ist dazu vorgesehen, einen im Vergleich zu dem von der elektrischen Kraftstoffpumpe 11 erzeugten Niederdruck wesentlich höheren Hochdruck zu erzeugen. Zur Ableitung eines eventuell entstehenden Überdrucks ist das Überdruckventil 17 vorgesehen. Wie noch erläutert werden wird, ist das Mengensteuerventil 15 dazu geeignet, diejenige Menge Kraftstoff einzustellen, die mit der Hochdruckpumpe 16 gefördert werden soll.

Der Ausgang der Hochdruckpumpe 16 ist mit einem Druckspeicher 18 verbunden, an den eine Mehrzahl von Einspritzventilen 19 angeschlossen sind. Der Druckspeicher 18 wird häufig auch als Rail oder Common Rail bezeichnet. Des weiteren ist an den Druckspeicher 18 ein Drucksensor 20 angeschlossen.

Die Einspritzventile 19 sind den Brennräumen der Brennkraftmaschine zugeordnet. Die in der Fig. 1 dargestellte Kraftstoffzuführeinrichtung 10 ist damit für eine vierzylinderige Brennkraftmaschine vorgesehen. Über die Einspritzventile 19 wird der Kraftstoff in die Brennräume eingespritzt. Die Kraftstoffmenge, die über die einzelnen Einspritzventile in die zugehörigen Brennräume eingespritzt wird, wird über das Mengensteuerventil 15 eingestellt.

In der Fig. 2 ist das Mengensteuerventil 15 und die Hochdruckpumpe 16 detaillierter dargestellt. Das Mengensteuerventil 15 weist einen Elektromagneten 21 auf, mit dem ein Ventil 22 geöffnet und geschlossen werden kann. Die Hochdruckpumpe 16 weist einen Kolben 23 auf, der von einem

Nocken 24 der Brennkraftmaschine betätigt wird. Des weiteren ist die Hochdruckpumpe 16 mit einem Ventil 25 versehen.

Zwischen dem Ventil 22, dem Kolben 23 und dem Ventil 25 ist ein Förderraum 26 der Hochdruckpumpe 16 vorhanden.

Mit dem Ventil 22 kann der Förderraum 26 von einer Kraftstoffzufuhr durch die elektrische Kraftstoffpumpe 11 und damit von dem Niederdruck abgetrennt werden. Mit dem Ventil 25 kann der Förderraum 26 von dem Druckspeicher 18 und damit von dem Hochdruck abgetrennt werden. Im Ausgangszustand, wie er in der Fig. 2, links dargestellt ist, ist das Ventil 22 geöffnet und das Ventil 25 geschlossen. Das geöffnete Ventil 22 entspricht dem stromlosen Zustand des Elektromagneten 21. Das geschlossene Ventil 25 wird durch eine entsprechende Feder oder dergleichen erreicht.

In der linken Darstellung der Fig. 2 ist der Saughub der Hochdruckpumpe 16 dargestellt. Bei einer Drehbewegung der Nocke 24 in Richtung des Pfeils 27 bewegt sich der Kolben 23 in Richtung des Pfeils 28. Aufgrund des geöffneten Ventils 22 wird damit Kraftstoff, der von der elektrischen Kraftstoffpumpe 11 gefördert worden ist, in den Förderraum 26 angesaugt.

In der mittleren Darstellung der Fig. 2 ist der Förderhub der Hochdruckpumpe 16 gezeigt, wobei jedoch der Elektromagnet 21 noch stromlos und damit das Ventil 22 noch geöffnet ist. Aufgrund der Drehbewegung der Nocke 24 bewegt sich der Kolben 23 in Richtung des Pfeils 29. Aufgrund des geöffneten Ventils 22 wird damit Kraftstoff aus dem Förderraum 26 zurück in Richtung zu der elektrischen Kraftstoffpumpe 11 gefördert. Dieser Kraftstoff gelangt dann über den Niederdruckregler 14 zurück in den Kraftstofftank 12.

In der rechten Darstellung der Fig. 2 ist – wie in der mittleren Darstellung – weiterhin der Förderhub der Hochdruckpumpe 16 gezeigt. Im Unterschied zu der mittleren Darstellung ist jedoch nunmehr in der rechten Darstellung der Elektromagnet 21 erregt und damit das Ventil 22 geschlossen. Dies hat zur Folge, dass nunmehr der von der Nocke 24 in Richtung des Pfeils 29 bewegte Kolben 23 einen Druck in dem Förderraum 26 aufbaut. Durch diesen Druck wird das Ventil 25 gegen die Kraft der erwähnten Feder geöffnet.

Damit wird Kraftstoff von dem Kolben 23 aus dem Förderraum 26 in Richtung zu dem Druckspeicher 18 und damit in Richtung zu den Einspritzventilen 19 gefördert.

Die Menge des zu dem Druckspeicher 18 geförderten Kraftstoffs hängt davon ab, wann das Ventil 22 in seinen geschlossenen Zustand übergeht. Je früher das Ventil 22 geschlossen wird, desto mehr Kraftstoff wird über das Ventil 25 in den Druckspeicher 18 gefördert. Dies ist in der Fig. 2 durch einen mit einem Pfeil gekennzeichneten Bereich B dargestellt.

Sobald bei der rechten Darstellung der Fig. 2 der Kolben 23 seinen maximalen Kolbenhub erreicht hat, kann von dem Kolben 23 kein weiterer Kraftstoff über das Ventil 25 in den Druckspeicher 18 gefördert werden. Aufgrund der bereits erwähnten Feder wird das Ventil 25 wieder geschlossen. Des weiteren wird der Elektromagnet 21 wieder stromlos gesteuert, so dass das Ventil 22 wieder öffnet. Daraufhin kann der sich nunmehr entsprechend der linken Darstellung der Fig. 2 in Richtung des Pfeils 28 bewegend Kolben 23 wieder Kraftstoff der elektrischen Kraftstoffpumpe 11 in den Förderraum 26 ansaugen.

In der Fig. 3 ist ein Verfahren zum Betreiben der Kraftstoffzuführeinrichtung 10 der Fig. 1 dargestellt. Insbesondere ist das Verfahren der Fig. 3 dazu vorgesehen, das Mengensteuerventil 15 zu beeinflussen.

Das Verfahren der Fig. 3 wird von einem nicht näher dar-

gestellten Steuergerät ausgeführt. Das Steuergerät weist insbesondere einen Mikroprozessor auf, der zur Verarbeitung von Programmen geeignet ist. Die in der Fig. 3 dargestellten Blöcke sind als derartige Programme oder Programmmodule realisiert. Die Programme können auf einem elektronischen Speicher, insbesondere auf einem Read-Only-Memory abgespeichert sein.

In der Fig. 3 ist ein Kennfeld 30 dargestellt, dem als Eingangssignale die Drehzahl der Brennkraftmaschine  $N$  und die an der Brennkraftmaschine anliegende Last  $L$  zugeführt sind. In Abhängigkeit von der Drehzahl  $N$  und der Last  $L$  erzeugt das Kennfeld 30 ein Ausgangssignal, das einem erwünschten Solldruck  $P_{\text{soll}}$  in dem Druckspeicher 18 entspricht. Dieser Solldruck  $P_{\text{soll}}$  wird mit einem tatsächlichen Istdruck  $P_{\text{ist}}$  an einer Vergleichsstelle 31 verglichen. Der Istdruck  $P_{\text{ist}}$  wird dabei von dem Drucksensor 20 gemessen.

Die Differenz des Solldrucks  $P_{\text{soll}}$  und des Istdrucks  $P_{\text{ist}}$  ist einer Förderbeginnregelung 32 zugeführt. Bei der Förderbeginnregelung 32 kann es sich um einen üblichen Regler handeln, bspw. um einen PI- oder PID-Regler.

Das Ausgangssignal der Förderbeginnregelung 32 ist einer Steuerung 33 zugeführt, mit der der Elektromagnet 21 des Mengensteuerventils 15 angesteuert und damit das Ventil 22 der Hochdruckpumpe 16 beeinflusst wird. Die Steuerung 33 ist dazu vorgesehen, den Übergang des Elektromagneten 21 von seinem stromlosen in seinen erregten Zustand und damit den Schließzeitpunkt des Ventils 22 zu bestimmen. Mit Hilfe der Steuerung 33 ist es damit möglich, den im Zusammenhang mit der Fig. 2 erläuterten Bereich B zu realisieren. Mit der Steuerung 33 kann somit der Schließzeitpunkt und damit die Menge des zu dem Druckspeicher 18 geförderten Kraftstoffs im Sinne des Bereichs B verändert werden.

Die Steuerung 33 ist von einer Mehrzahl von Eingangssignalen abhängig. So wird der Schließzeitpunkt des Ventils 22 in Abhängigkeit von einer Batteriespannung  $U_{\text{Batt}}$  verändert, wobei diese Batteriespannung  $U_{\text{Batt}}$  zur Energieversorgung unter anderem des Elektromagneten 21 des Mengensteuerventils 15 sowie der elektromagnetischen Einspritzventile 19 dient. Ebenfalls ist der Schließzeitpunkt des Ventils 22 abhängig von der Kühlwassertemperatur  $TK$  der Brennkraftmaschine sowie von der Ansauglufttemperatur  $TA$  der Brennkraftmaschine. Aus diesen Temperaturen kann die Steuerung 33 die Spulentemperatur und damit den Spulenwiderstand des Elektromagneten 21 ableiten. Dieser Spulenwiderstand wird von der Steuerung 33 bei der Ermittlung des Schließzeitpunkts des Ventils 22 und damit des Übergangs des Elektromagneten 21 von seinem stromlosen in seinen erregten Zustand berücksichtigt. Ebenfalls ist die Steuerung 33 und damit der Schließzeitpunkt des Ventils 22 abhängig von der Drehzahl  $N$  der Brennkraftmaschine. Diese Drehzahl  $N$  entspricht unmittelbar oder mittelbar der Drehzahl der Hochdruckpumpe 16. Des Weiteren wird der Schließzeitpunkt des Ventils 22 von der Steuerung 33 in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Istdruck  $P_{\text{ist}}$  ermittelt. Eine weitere Abhängigkeit des Schließzeitpunkts des Ventils 22 und damit der dem Druckspeicher 18 zugeführten Kraftstoffmenge wird von der Steuerung 33 im Hinblick auf die Stellung der Nocke 24 berücksichtigt. Aus der Stellung der Nocke 24 leitet die Steuerung 33 ein Maß für die Geschwindigkeit des Kolbens 23 ab, die in die Ermittlung des Zeitpunktes für die Ansteuerung des Magnetventils 21 und damit in die Ermittlung des Schließzeitpunkts des Ventils 22 eingeht.

Als Ausgangssignal erzeugt die Steuerung 33 ein Schließzeitpunktsignal  $t_a$ , mit dem der Elektromagnet 21 des Mengensteuerventils 15 angesteuert und von seinem stromlosen in seinen erregten Zustand und zurück bewegt wird. Da-

durch bestimmt das Schließzeitpunktsignal  $t_a$  den Schließzeitpunkt des Ventils 22.

In der Fig. 4 ist das Schließzeitpunktsignal  $t_a$  in dem obersten Diagramm dargestellt. Während derjenigen Zeitdauer, in der das Schließzeitpunktsignal  $t_a$  eine Spannung aufweist, ist der Elektromagnet 21 erregt und das Ventil 22 wird geschlossen. Diese Zeitdauer  $t_a$  erstreckt sich von dem Zeitpunkt  $t_1$  bis zu dem Zeitpunkt  $t_2$ . Nach dem Schließen wird somit Kraftstoff aus dem Förderraum 26 der Hochdruckpumpe 16 in den Druckspeicher 18 gefördert.

Weist das Schließzeitpunktsignal  $t_a$  eine Spannung auf, so hat dies – wie bereits erläutert wurde – zur Folge, dass das Ventil 22 geschlossen wird. Dies ist in dem zweiten Diagramm der Fig. 4 dargestellt. Das Ventil erreicht dabei seinen geschlossenen Zustand in einem Zeitpunkt  $t_3$ , der vor dem Zeitpunkt  $t_2$  liegt.

In dem dritten Diagramm der Fig. 4 ist der Strom durch den Elektromagneten 21 aufgetragen. Aus diesem Diagramm ist ersichtlich, dass der Strom, ausgehend vom Zeitpunkt  $t_1$  bis zum Zeitpunkt  $t_3$  im Wesentlichen gleichmäßig ansteigt. Aufgrund des Anschlags des Ventils 22 in seinem geschlossenen Zustand steigt der Strom zwischen den Zeitpunkten  $t_3$  und  $t_2$  nochmals steiler an. Nach dem Zeitpunkt  $t_2$ , also nachdem das Schließzeitpunktsignal  $t_a$  keine Spannung mehr aufweist, fällt der Strom wieder auf 0 ab.

Im untersten Diagramm der Fig. 4 ist der Druckverlauf in dem Förderraum 26 der Hochdruckpumpe 16 dargestellt. Anfangs herrscht in dem Förderraum 26 der von der elektrischen Kraftstoffpumpe 11 erzeugte Niederdruck  $ND$ . Aufgrund des sich schließenden Ventils 22 und der Bewegung des Kolbens 23 in Richtung des Pfeils 29 entsprechend der rechten Darstellung der Fig. 2 steigt der Druck in dem Förderraum 26 langsam an. Dies hat zur Folge – wie bereits erläutert wurde – dass sich das Ventil 25 öffnet. Damit herrscht im Zeitpunkt  $t_3$ , also bei geschlossenem Ventil 22, der von der Hochdruckpumpe 16 erzeugte Hochdruck  $HD$  in dem Förderraum 26 der Hochdruckpumpe 16. Dieser Hochdruck  $HD$  fällt nach Beendigung des Förderhubs im Zeitpunkt  $t_4$  wieder ab.

Es ist möglich, dass das Ventil 22 aufgrund einer Verschmutzung oder aus einem sonstigen Grund schwergängig ist und damit keine normale Bewegung von seinem offenen in seinen geschlossenen Zustand ausführt. Dies kann zur Folge haben, dass das Ventil 22 im Zeitpunkt  $t_3$  nicht geschlossen ist. Damit ist der von der Steuerung 33 ermittelte Schließzeitpunkt für das Ventil 22 und die daraus resultierende, dem Druckspeicher 18 zugeführte Menge an Kraftstoff nicht mehr korrekt.

Eine derartige Fehlfunktion des Ventils 22 kann bspw. von der Steuerung 33 anhand des von dem Drucksensor 20 gemessenen tatsächlichen Istdrucks  $P_{\text{ist}}$  in dem Druckspeicher 18 festgestellt werden. An sich müsste dieser Istdruck  $P_{\text{ist}}$  in dem Druckspeicher 18 trotz erfolgter Einspritzungen aufgrund der von der Hochdruckpumpe 16 zugeführten Menge an Kraftstoff etwa konstant bleiben. Ist dies jedoch nicht der Fall, sinkt also der Druck in dem Druckspeicher 18 insbesondere nach einer Einspritzung wesentlich ab, so kann daraus auf eine Fehlfunktion des Ventils 22 geschlossen werden.

In diesem Fall kann bspw. von der Steuerung 33 das in der Fig. 5 dargestellte Verfahren zusätzlich durchgeführt werden. Mit dem in der Fig. 5 gezeigten Verfahren wird der Schließzeitpunkt des Ventils 22, also der Zeitpunkt  $t_2$  in der Fig. 4 nach "später" verschoben. Damit wird der auf das Magnetventil 21 einwirkende Strom erhöht. Dies hat zur Folge, dass unter Umständen die vorhandene Schwergängigkeit des Ventils 22 durch den erhöhten Strom überwunden werden kann. Gleichzeitig ist bei dem Verfahren nach der Fig. 5

eine Überstromabschaltung in Block 35.

Das Verfahren nach der Fig. 5 geht von einem Schließzeitpunktsignal mit der Ansteuerdauer  $t_a = t_{a0}$  aus, das bspw. auf die beschriebene Art und Weise von der Steuerung 33 ermittelt wird. Bei dieser Ansteuerdauer  $t_a$  kann auch noch ein vorgegebener Sicherheitszuschlag berücksichtigt sein. Bei der Ansteuerdauer  $t_a$  handelt es sich um einen vorgegebenen Startwert. Gemäß der Fig. 5 wird die Ansteuerdauer  $t_a$  in einem Block 34 definiert.

In einem nachfolgenden Block 35 wird geprüft, ob der Strom durch den Elektromagneten 21 einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet. Ist dies der Fall, so wird ein Diagnosebit F auf "1" gesetzt. Ist dies nicht der Fall, so bleibt das Diagnosebit F auf "0".

Hat der Strom durch den Elektromagneten 21 den vorgegebenen Maximalwert nicht überschritten, ist also  $F = 0$ , so wird die Ansteuerdauer  $t_d$  in einem Block 36 vergrößert und damit der Zeitpunkt  $t_2$  nach "später" verschoben. Dies wird mit Hilfe der Gleichung  $t_a = t_a + \Delta t$  durchgeführt. Danach wird das Verfahren erneut mit dem Block 35 fortgesetzt.

Wird in dem Block 35 jedoch festgestellt, dass der Strom durch das Magnetventil 21 den vorgegebenen Maximalwert überschritten hat, ist also das Diagnosebit F auf "1" gesetzt, so wird das Verfahren mit dem Block 37 fortgesetzt. In dem Block 37 wird die Ansteuerdauer  $t_a$  verkleinert und damit der Zeitpunkt  $t_2$  nach "früher" verschoben. Dies wird mit Hilfe der Gleichung  $t_a := t_a - \Delta t$  durchgeführt.

In einem dem Block 37 nachfolgenden Block 38 wird überprüft, ob die Ansteuerdauer  $t_a$  einen vorgegebenen Minimalwert unterschritten hat. Dies wird mit Hilfe der Abfrage  $t_a \leq t_{amin}$  durchgeführt. Der genannte Minimalwert  $t_{amin}$  entspricht einer minimalen Ansteuerdauer, die konstruktiv nicht unterschritten werden kann.

Wird die Abfrage des Blocks 38 mit "nein" beantwortet, ist also die Ansteuerdauer  $t_a$  nicht kleiner als der Minimalwert  $t_{amin}$ , so wird das Verfahren der Fig. 5 wieder mit dem Block 35 fortgesetzt. Hat jedoch die Ansteuerdauer  $t_a$  den Minimalwert  $t_{amin}$  unterschritten, ist also die Abfrage des Blocks 38 positiv, so wird mittels eines Blocks 39 ein Fehler registriert und ggf. gemeldet. Bei diesem Fehler handelt es sich dann um einen Kurzschluss am Ventil 22.

Durch den Block 35 ist die erwähnte Überstromabschaltung realisiert. Der Block 35 verhindert, dass der Strom durch den Elektromagneten 31 den vorgegebenen Maximalwert übersteigt. Gleichzeitig ist durch den Block 38 gewährleistet, dass der Elektromagnet 21 immer mit einem Schließzeitpunktsignal mit der Ansteuerdauer  $t_a$  angesteuert wird, die aus konstruktiver Sicht einen sinnvollen Wert darstellt.

Durch das Verfahren in Fig. 5 wird der Elektromagnet 21 immer mit dem maximalen Strom angesteuert, den das Steuergerät zur Verfügung stellen kann. Falls auch bei diesem Strom das Ventil 22 durch eine Schwergängigkeit nicht geschlossen werden kann, wird der Fehler durch den Druckabfall im Druckspeicher 18 festgestellt.

#### Bezugszeichenliste

- 10 Kraftstoffzuführeinrichtung
- 11 elektrische Kraftstoffpumpe
- 12 Kraftstofftank
- 13 Kraftstofffilter
- 14 Niederdruckregler
- 15 Mengensteuerventil
- 16 mechanische Hochdruckpumpe
- 17 Überdruckventil
- 18 Druckspeicher
- 19 Einspritzventile
- 20 Drucksensor

- 21 Elektromagnet
- 22 Ventil
- 23 Kolben
- 24 Nocken
- 25 Ventil
- 26 Förderraum
- 27 Pfeil, Nocke 24
- 28 Pfeil, Kolben 23
- 29 Pfeil, Kolben 23
- 30 Kennfeld
- 31 Vergleichsstelle
- 32 Förderbeginnregelung
- 33 Steuerung
- 34 Definition Schließzeitpunkt
- 35 Vergleich Strom durch 21
- 36 Erhöhung von  $t_a$
- 37 Verminderung von  $t_a$
- 38 Vergleich mit Minimum
- 39 Fehler

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffzuführeinrichtung (10) einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem die der Brennkraftmaschine zugeführte Kraftstoffmenge mittels eines Mengensteuerventils (15) und einer nachgeordneten Hochdruckpumpe (16) gesteuert und/oder geregelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mengensteuerventil (15) in Abhängigkeit von einer Batteriespannung (UBatt), mit der das Mengensteuerventil (15) beaufschlagt ist, und/oder in Abhängigkeit von einem Spulenwiderstand des Mengensteuerventils (15) beeinflusst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Spulenwiderstand aus einer Spulentemperatur des Mengensteuerventils (15) ermittelt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengensteuerventil (15) in Abhängigkeit von dem von der Hochdruckpumpe (16) erzeugten Istdruck (Pist) beeinflusst wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengensteuerventil (15) in Abhängigkeit von der Drehzahl (N) der Brennkraftmaschine beeinflusst wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die der Brennkraftmaschine zugeführte Kraftstoffmenge durch einen Übergang des Mengensteuerventils (15) von seinem stromlosen in seinen erregten Zustand beeinflusst wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass durch den Übergang des Mengensteuerventils (15) von seinem stromlosen in seinen erregten Zustand ein Ventil (22) geschlossen wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der von der Hochdruckpumpe (16) erzeugte Istdruck ( $P_{ist}$ ) auf einen Sollwert ( $P_{soll}$ ) gesteuert und/oder geregelt wird.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom durch das Mengensteuerventil (15) auf einen Maximalwert begrenzt wird.
9. Steuerelement, insbesondere Read-Only-Memory, für ein Steuergerät einer Kraftstoffzuführeinrichtung (10) einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechengert, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung eines

Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 geeignet ist.

10. Steuergerät für eine Kraftstoffzuführeinrichtung (10) eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Kraftstoffzuführeinrichtung (10) mit einem Mengensteuerventil (15) und mit einer Hochdruckpumpe (16) versehen ist, und wobei das Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung der der Brennkraftmaschine zugeführten Kraftstoffmenge vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengensteuerventil (15) durch das Steuergerät in Abhängigkeit von einer Batteriespannung (UBatt), mit der das Mengensteuerventil (15) beaufschlagt ist, und/oder in Abhängigkeit von einem Spulenwiderstand des Mengensteuerventils (15) beeinflussbar ist.

11. Kraftstoffzuführeinrichtung (10) für eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs mit einem Mengensteuerventil (15), mit einer Hochdruckpumpe (16) und mit einem Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung der der Brennkraftmaschine zugeführten Kraftstoffmenge, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengensteuerventil (15) durch das Steuergerät in Abhängigkeit von einer Batteriespannung (UBatt), mit der das Mengensteuerventil (15) beaufschlagt ist, und/oder in Abhängigkeit von einem Spulenwiderstand des Mengensteuerventils (15) beeinflussbar ist.

12. Steuergerät oder Kraftstoffzuführeinrichtung (10) nach Anspruch 10 oder Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengensteuerventil (15) durch das Steuergerät in Abhängigkeit von dem von der Hochdruckpumpe (16) erzeugten Istdruck (Pist) beeinflussbar ist.

13. Steuergerät oder Kraftstoffzuführeinrichtung (10) nach Anspruch 10 oder Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengensteuerventil (15) in Abhängigkeit von der Drehzahl (N) der Brennkraftmaschine beeinflussbar ist.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

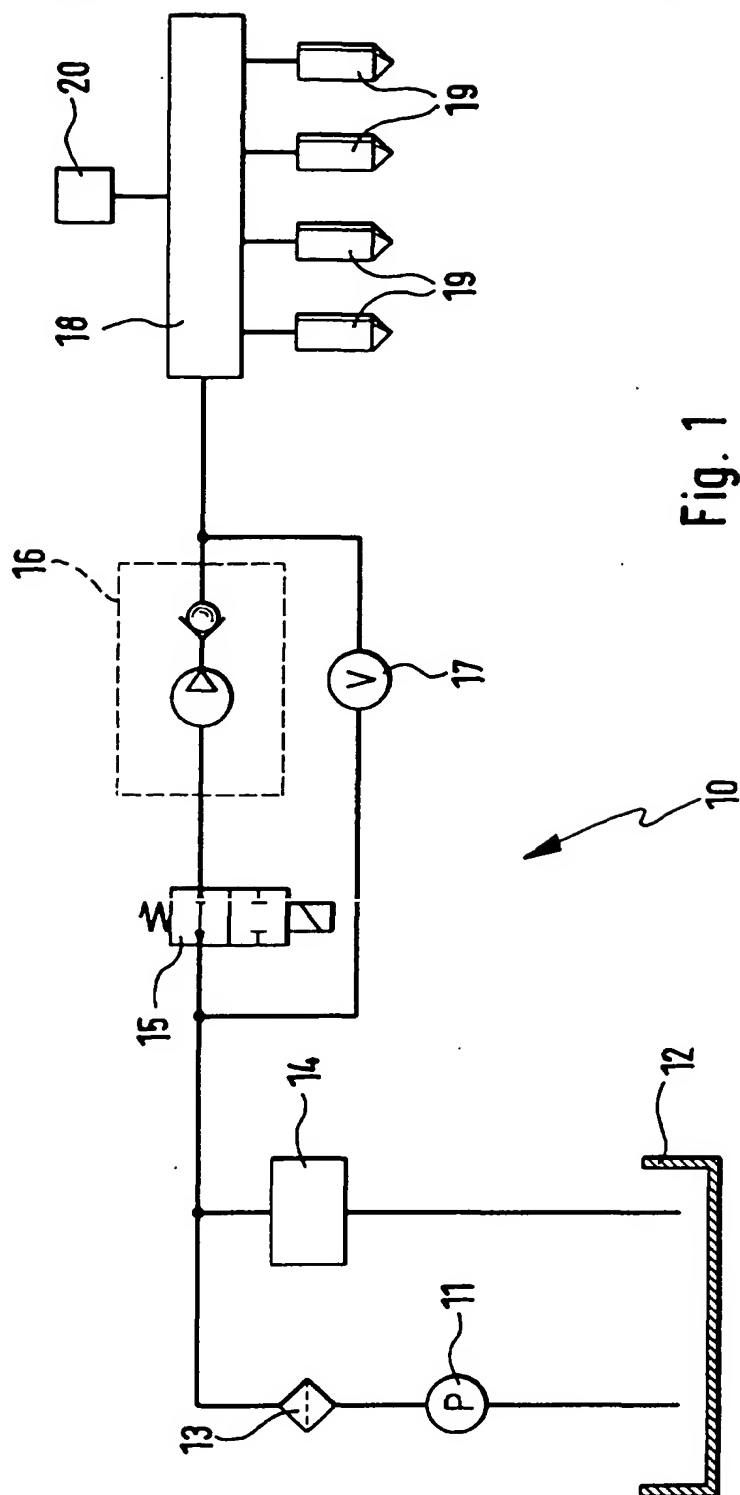
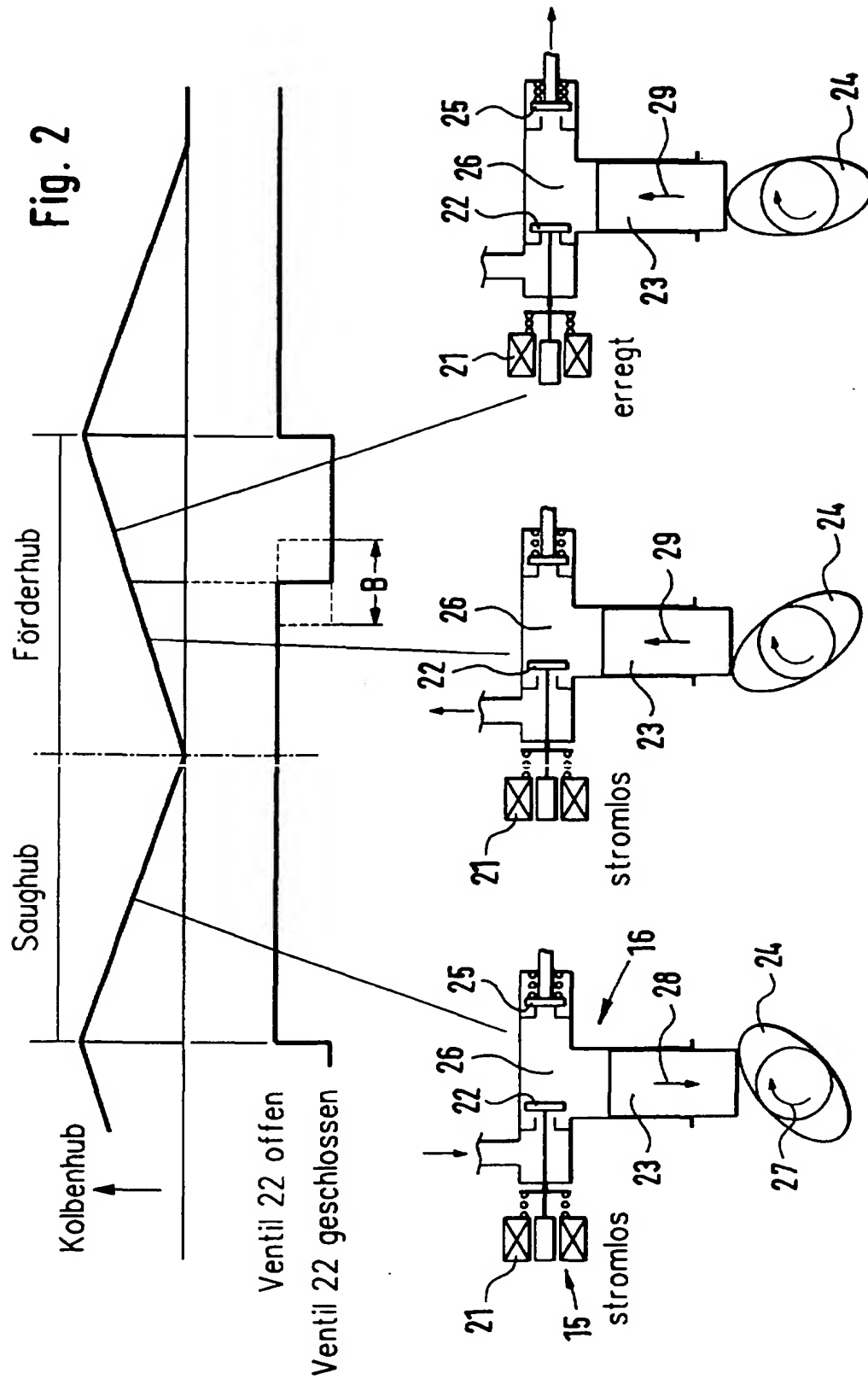


Fig. 1



Fig. 2



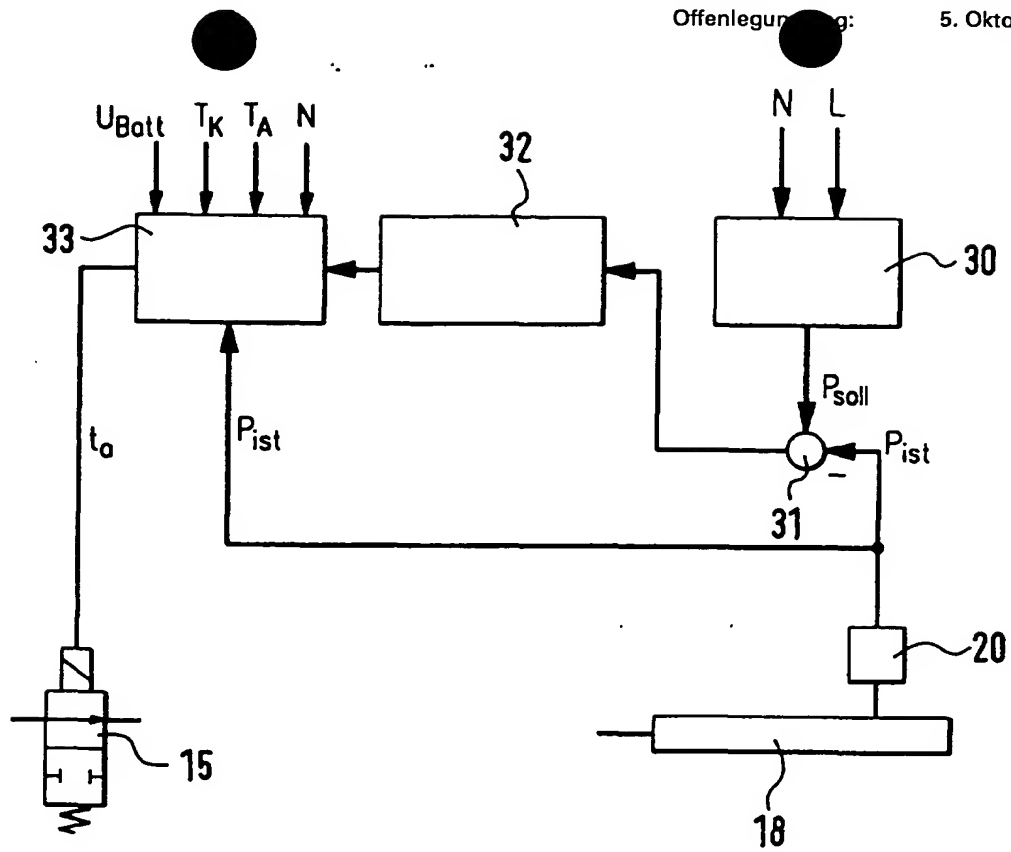


Fig. 3

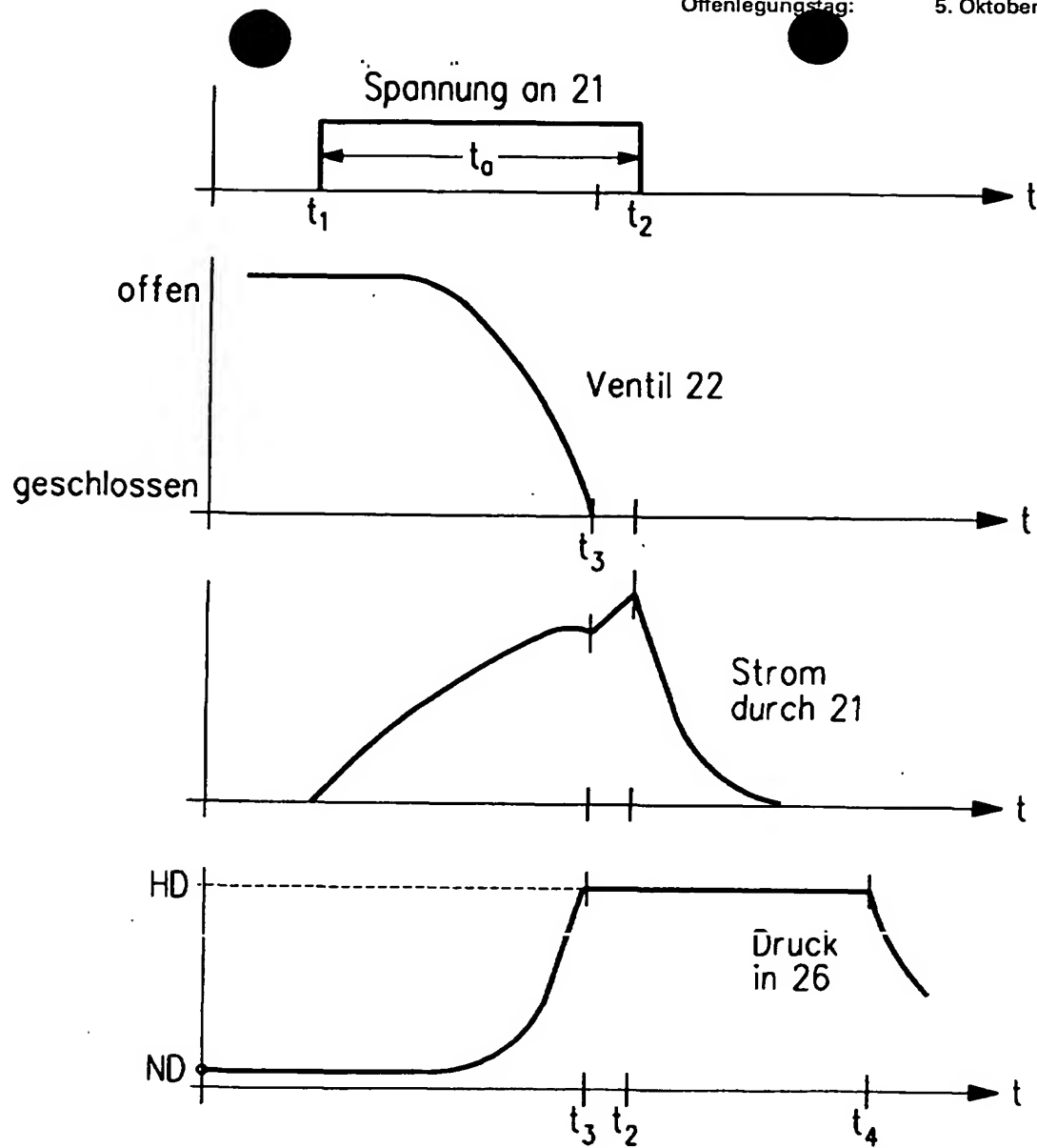


Fig. 4

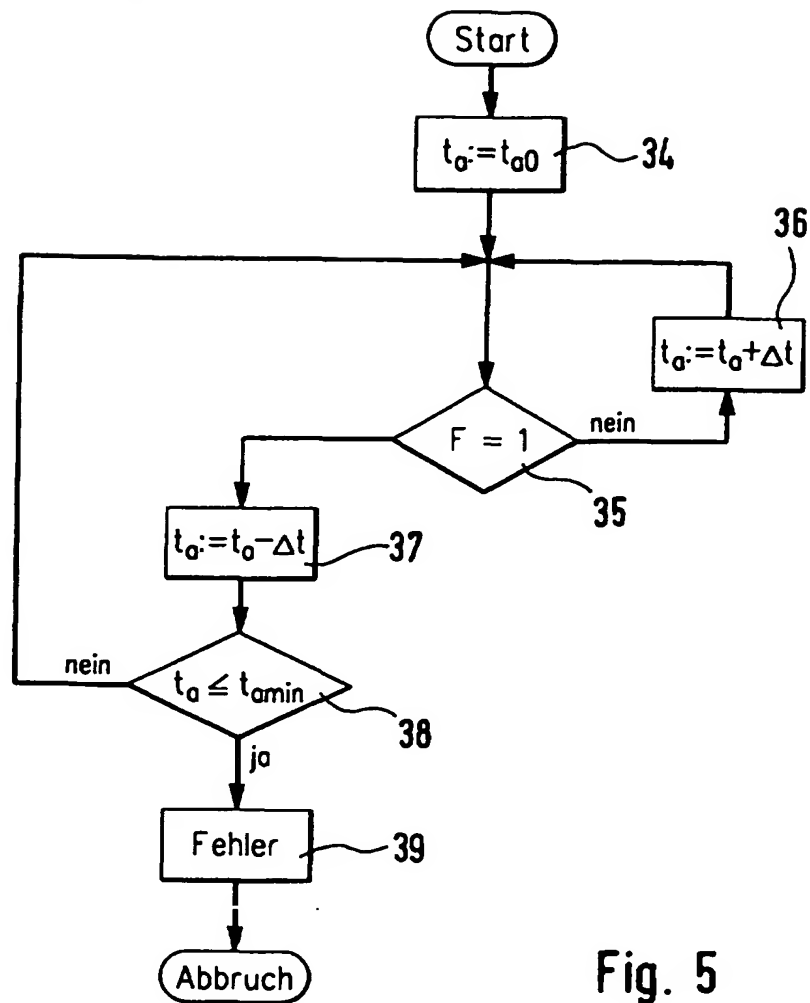


Fig. 5